



MAESTRIA EN VIAS TERRESTRE.

Módulo IV

**Curso: “Gestión de Conservación vial”
Medición del PCI en el pavimento.**

19/08/2011

INTEGRANTES DEL GRUPO:

- 1. Ing. Evert Antonio Rivera González.**
- 2. Ing. Jacqueline de Los Ángeles Rojas Collado**
- 3. Ing. Máximo Israel Darce Gutiérrez.**
- 4. Ing. Claudia José Arauz Sánchez.**
- 5. Ing. Ricardo Arauz Bucardo**
- 6. Ing. Sergio Junior Navarro Hudiel**

Docente: Ms.Ing. Juan Carlos Villanueva

19/08/2011

INDICE

CONTENIDO	PAG.
I INTRODUCCION.....	3
II. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN.....	4
III. Transporte: Descripción Proyecto de Metrobus.....	5
IV. Pobreza: Descripción población pobre de Ciudad Sandino.....	10
V. Análisis y Evaluación del Impacto de Proyecto de Transporte Metrobus en la Pobreza de Ciudad Sandino.....	18
VI. Análisis y evaluación de las Oportunidades Económicos.....	27
VII. Análisis y evaluación de las Oportunidades Sociales (Capacidad).....	28
VIII. Análisis y evaluación de las Potencialidades (Habilitación).....	29
IX. Análisis y evaluación de las Vulnerabilidades (Seguridad).....	30
X. Resultados de los análisis y evaluaciones.....	31
XI. Conclusiones y recomendaciones.....	32

I. INTRODUCCION.

Conocer el estado de deterioro que tiene una vía es un componente vital en el sistema de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante este se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento. Existen un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección exacta; es así, que para la cuantificación del estado actual de dicho pavimento se ha decidido aplicar la que se encuentra estandarizado por medio de la norma ASTM D 6433, "Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", o más conocido por sus siglas en ingles PCI (PresentConditionIndex).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), fue desarrollado entre los años 1 974 a 1 976 por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Srs. Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, con el objeto de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles a través del PCI.

Esta metodología tiene como objetivo primordial establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos y hormigón simple o reforzado. Se basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro.

Debido a que existen un sin número de combinaciones de deterioros, severidades y densidades posibles, el método resuelve esta dificultad introduciendo el “valor deducido”, como factor de ponderación, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación deterioro, severidad y densidad.

Existe un manual en el que se describen cada uno de los deterioros para cada tipo de pavimentos, además como identificarlos en los diferentes niveles de severidad. En este informe se presenta la medición que se hizo para aplicar la metodología del cálculo del PCI en el tramo comprendido entre Cruz Lorena (empalme con carretera norte) hacia la Cervecería, aproximadamente 700 m de longitud.

II. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

Conocer el estado de deterioro actual en la calle “Cruz Lorena (empalme carretera norte) - Cervecería” a través de inspecciones visuales aplicando el método del PCI.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- 1- Identificar las fallas superficiales presentes en el pavimento flexible a través de una inspección visual.
- 2- Determinar los niveles de severidad de las fallas presentes en dicho tramo en estudio.
- 3- Determinar el PCI presente en el pavimento flexible.

III. GENERALIDADES SOBRE PAVIMENTOS.

Un pavimento es una estructura diseñada con la capacidad de absorber las fuerzas causadas por acción de la circulación de vehículos, durante el periodo de tiempo para el cual ha sido diseñado. Cuando existe un incremento del tráfico o se ha superado el periodo de diseño de un pavimento es cuando se producen los deterioros que pueden ser muy diversos, los cuales por lo general se presentan por la pérdida de elasticidad del pavimento.

Para realizar el cálculo del PCI se escogió un Pavimento flexible el cual tienen en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y subbase. En la siguiente figura se presenta un corte de la sección típica de un pavimento flexible.

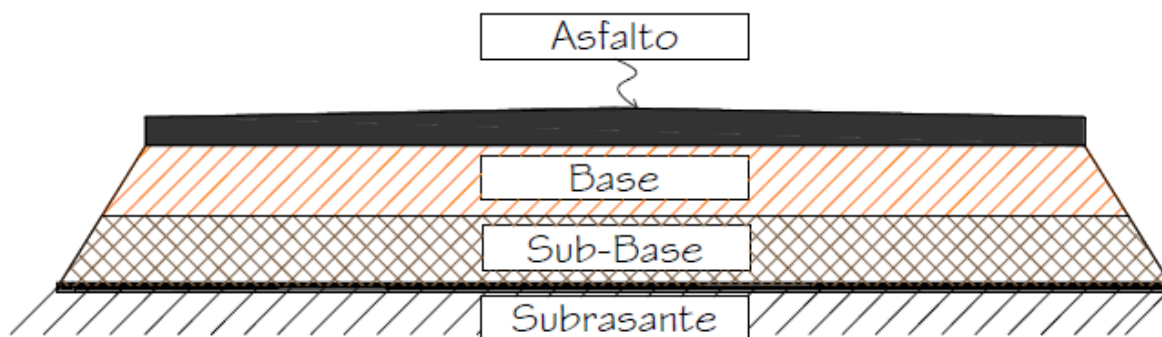


Fig. 1 Sección de un pavimento flexible

Serviciabilidad de Pavimentos: es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad.

La medición de la serviciabilidad de los pavimentos, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que esta no es una evaluación completa.

La serviciabilidad de los pavimentos ha sido representada en un índice, derivado de los resultados de la prueba AASHO, en la cual se realiza la evaluación

mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 el valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones. En la siguiente tabla se presenta la escala de calificación de de la serviciabilidad según la norma AASHO:

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5.0 – 4.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en sus categoría. La mayor parte de los pavimentos contruidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 – 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los “Muy Buenos”, entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 – 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de transito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye perdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 – 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Tabla 1.1 Escala de calificación de la serviciabilidad según AASHO. [AASHO, 1962]

IV. EVALUACION DE PAVIMENTOS.

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

Importancia de la evaluación de pavimentos.

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

Objetividad en la Evaluación de Pavimentos.

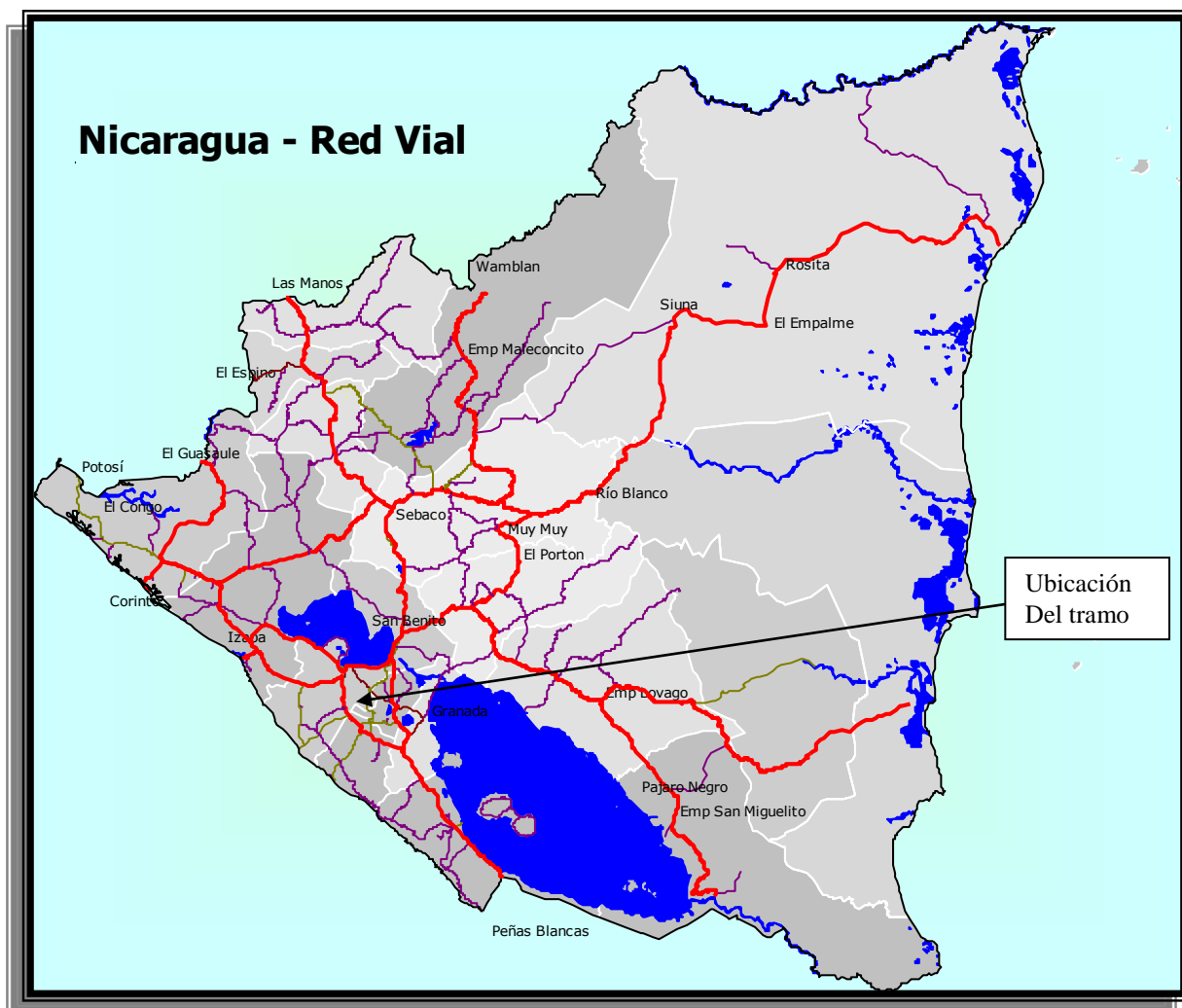
La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el

tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

V. CARACTERISTICAS DEL TRAMO.

UBICACIÓN:

El tramo en estudio está ubicado en la ciudad de Managua, en el Km 6 1/2 Carretera Norte, de Cruz Lorena - 600vrs Al Norte (Cervecería). Su longitud es aproximadamente de 700 m.



CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS:

De acuerdo con las mediciones realizadas en el sitio se obtuvo lo siguiente:

Ancho de Calzada: 7.30 mts

Ancho de Hombros: 0.70 mts



VI. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI).

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este. El PCI varía entre 0 para pavimentos fallados y un valor de 100 para pavimentos en excelente condición. En el siguiente cuadro se representa los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición de un pavimento.

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño

A- PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende:

- ✓ Una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos.
- ✓ Una segunda fase que será el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos, **La clase**, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de Pavimentos.

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

- 1- **Bajo, (B):** se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad.
- 2- **Medio, (M):** las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.
- 3- **Alto, (A):** las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La calidad del tránsito se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal. Las

secciones del pavimento cercanas a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es **la extensión**, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

De acuerdo al tipo pavimento en la cual se realiza la evaluación, se llena el formato adecuado, en el cual se registran los datos de campo.

B- DIVISIÓN DEL PAVIMENTO EN UNIDADES DE MUESTRA.

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento. De acuerdo al tipo de pavimento que cuenta la vía a evaluar se tiene:

1. **Pavimentos de Asfalto:** Con un ancho menor a 7.30 m. el área de muestreo debe estar entre $230 \pm 93 \text{ m}^2$. En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud ancho de calzada pavimentada.

CUADRO 1.

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.00	46.00
5.50	41.80
6.00	38.30
6.50	35.40
7.30 (máx.)	31.50

2. **Pavimentos de Hormigón:** Con losas de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m. el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango

de 20 ± 8 losas.

No todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud en cálculo del PCI.

C- DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA LA EVALUACIÓN.

En la evaluación del Índice de Condición Presente (PCI) de pavimentos de acuerdo al tamaño de la muestra y con el fin de optimizar el método, se puede tener la evaluación de un proyecto y la evaluación de una red. En la cual se deberán inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible el número mínimo de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación N° 1, la cual se produce un estimado del $PCI \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

Dónde:

- n : Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
- N : Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
- e : Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ($e = \pm 5\%$)
- σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimentos de concreto, estos valores son basados en datos de campo obtenidos de muchas encuestas; sin embargo, si la experiencia local es diferente el promedio de la desviación estándar reflejará la condición local; esta deberá ser usada para la inspección inicial. En inspecciones subsecuentes, se usará la desviación estándar real de la inspección previa en la

determinación del número mínimo de unidades que deberán evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a ser evaluadas es menor que cinco ($n < 5$), se recomienda evaluar todas las unidades.

D- SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN.

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar. Esta técnica se la conoce como “sistema aleatorio” descrito en los siguientes tres pasos:

- a. El intervalo de muestreo (i), es determinado por:

$$i = \frac{N}{n}$$

Dónde:

- N - Número total de unidades de muestreo disponible.
- n - Número mínimo de unidades para evaluar.
- i - Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo: 3.70 se redondea a 3.00).
- b. El inicio al azar es o son seleccionados entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i . Por ejemplo, si $i = 3$, la unidad de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3.
- c. Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como “s”, “s + i”, “s + 2 i”, etc. Si la unidad seleccionada es 3, y el intervalo de muestreo es 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 6, 9, 12, 15, etc.

E- LEVANTAMIENTO VISUAL DE DAÑOS EN EL PAVIMENTO.

El procedimiento de inspección para pavimentos con superficies de asfalto y concreto, se realiza llenando los espacios en blanco en los formatos

correspondientes. A continuación se muestra el formato para levantar la información en pavimentos con superficies de asfalto.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO					
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.					
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO			
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)			
INSPECCIONADA POR		FECHA			
No.	Daño	No.	Daño		
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.		
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.		
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.		
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.		
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.		
6	Depresión.	16	Desplazamiento.		
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)		
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.		
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.		
10	Grietas long y transversal.				
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)

Figura 1. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

Debe seguirse estrictamente la definición de los daños descritos en el Manual de Daños de la Evaluación de la Condición de un Pavimento, esto con el fin de obtener un PCI confiable. La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Equipo:

- ✓ Odómetro manual, para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- ✓ Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- ✓ Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la severidad.

Además de este equipo, se deberá implementar todas las medidas de seguridad

para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

Procedimiento:

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo al Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se debe conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimiento de medida de daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad de muestreo y en los formatos cada región se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo.

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo del PCI está basado en los “*valores deducidos*” de cada daño, de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas.

El cálculo del PCI, puede realizarse en forma manual o computarizada y el cálculo para cada tipo de pavimento es similar. A continuación se describe el cálculo del PCI para cada pavimento flexible.

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del cálculo del PCI, se ha descrito mediante diversos pasos:

PASO 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD):

- a. Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna de “Total” del formato. El daño puede medirse en área, longitud o por su número según sea el tipo.
- b. Divida la “Cantidad total” de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el “área muestra” de la unidad de muestreo y

exprese el resultado en porcentaje. Esta es la “densidad” del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

- c. Determine el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas o tablas denominadas “valor deducido del daño”, que se encuentra en **el anexo B**; de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

PASO 2: Determinación del número máximo admisible de valores deducidos (m):

a. Si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del “valor deducido corregido” (CDV), obtenido en el Paso 4; de lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b y 2.c.

b. Liste los valores deducidos individuales en orden descendente.

c. Determine el “Número Máximo de Valores Deducidos” (m), utilizando la siguiente ecuación, para carreteras pavimentadas:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100.00 - HDV_i)$$

Dónde:

m_i - Número máximo admisible de “valores deducidos, incluyendo la fracción para la unidad de muestreo i. ($m_i \leq 10$).

HDV_i - El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i.

- d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan los que se tengan.

PASO 3: Determinación del máximo valor deducido corregido (CDV):

Este paso se lo realiza mediante un proceso iterativo que se lo describe a continuación:

- a. Determine el número de valores deducidos (q) mayores que 2.
- b. Determine del “*valor deducido total*” sumando todos los valores deducidos individuales.
- c. Determine el CDV con el q y el “*valor deducido total*” en la curva de corrección, de acuerdo al tipo de pavimento.
- d. Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales, que sea mayor a 2 y repita las etapas a hasta c.
- e. El “máximo CDV” es el mayor valor de los CDV obtenidos en el proceso de iteración indicado.

PASO 4: Calcule el PCI, restando el “máximo CDV” de 100.

$$PCI = 100 - \text{máx. } CDV$$

Dónde:

PCI -	Índice de condición presente
Máx. CDV-	Máximo valor corregido deducido

VII. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION DE CAMPO.

A- Evaluación de la condición del pavimento.

Los tipos de fallas para pavimentos flexibles se detallan en la siguiente tabla asignándole a cada tipo de falla su correspondiente numeración.

TIPOS DE FALLAS	
1 Piel de cocodrilo.	11 Parcheo.
2 Exudación.	12 Pulimiento de agregados.
3 Agrietamiento en bloque.	13 Huecos.
4 Abultamientos y hundimientos.	14 Cruce de vía férrea.
5 Corrugación.	15 Ahuellamiento.
6 Depresión.	16 Desplazamiento.
7 Grieta de borde.	17 Grieta parabólica (slippage).
8 Grieta de reflexión de junta.	18 Hinchamiento.
9 Desnivel carril / berma.	19 Desprendimiento de agregados.
10 Grietas longitudinal y transversal.	

A continuación se presentan los tipos de daños encontrados en el tramo en estudio, así como sus niveles de severidad:

1-Piel de cocodrilo:



MEDICION DEL PCI – TRAMO CARRETERA NORTE-ENTRADA A CERVECERIA



Nivel de severidad: M y A

7-Grietas de borde:



Nivel de severidad: A

11-Parqueo:



Nivel de severidad: M y A

13-Huecos:



Nivel de severidad: M y A

B- División de las unidades de Muestra:

Para poder realizar la división de las unidades de muestra se tomo en base al ancho de calzada, indicado en el cuadro 1, además se hizo valer el área que debe estar entre 230 ± 93 metros cuadrados. De esta manera se obtienen los siguientes datos:

Longitud total de la vía	700 m
Ancho de calzada	7.3 m
Longitud de la muestra	30.0 m

Se ha adoptado una longitud de muestra de 30.00m, debido a que el ancho de calzada es de 7.30m. Esto da un área de 219.00 m^2 , la cual encaja en los valores normados.

Para la obtención de número total de muestras, se divide la longitud total de la vía entre la longitud de la muestra, dando como resultado 23.3 unidades; a este valor se lo redondea a un número entero quedando que el número total de unidades de muestra (N) sea igual a 23. De la siguiente manera: $N = \frac{700 \text{ m}}{30 \text{ m}} = 23.3 = 23$

Aplicando la ecuación N° 1, se calcula las unidades a ser evaluadas, se adoptará un error $e = 5\%$ y una desviación estándar de $\sigma = 10$, debido a que esta es la primera evaluación que se realiza. De modo que tenemos

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{23 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (23 - 1) + 10^2} = 9.68 = 10$$

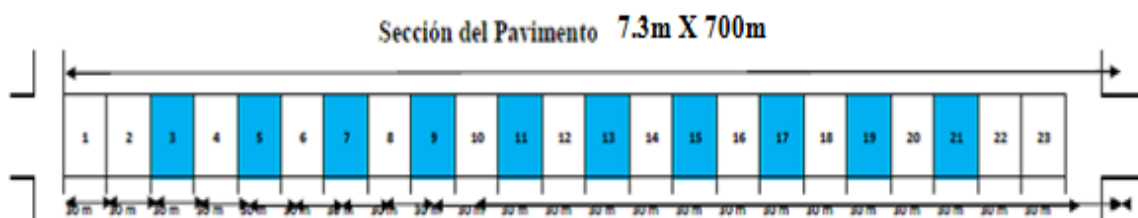
Con ello se obtiene 23 unidades de muestra, de las cuales 10 deberán ser evaluadas.

C- Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Mediante la ecuación N°3, se calculan las unidades de muestra a ser inspeccionadas aplicando el método aleatorio.

$$i = \frac{N}{n} = \frac{23}{10} = 2.3 = 2$$

Por lo tanto el intervalo de muestreo será igual a 2.



En la sección anterior se muestra las secciones de color azul las cuales serán evaluadas para calcular el PCI. Para efectos académicos solo se levantó información de una unidad, ya que de la inspección visual pudimos apreciar que a lo largo y ancho del tramo se presenta uniformidad en el tipo de fallas.

VIII. DETERMINACION DEL PCI EN EL TRAMO DE ESTUDIO.

Con la informacion de daños presentes en la unidad de muestreo seleccionada y los grados de severidad se determinaron las áreas correspondientes de cada falla y se recopiló toda la información en el formato para carreteras con superficie asfáltica.

Una vez recopilada la información se procedió a determinar por cada falla los valores deducidos **VD**, los valores deducidos individuales **mi**, los valores deducidos corregidos **CDV**, el número de valores deducidos (**q**) mayores que 2, y con el valor deducido total y con el máximo CDV se obtuvo el índice de condición presente en el tramo de estudio **PCI**. A continuación se muestran los resultados obtenidos en su formato correspondiente:

Valores deducidos para pavimentos asfálticos: 1-Piel de Cocodrilo.

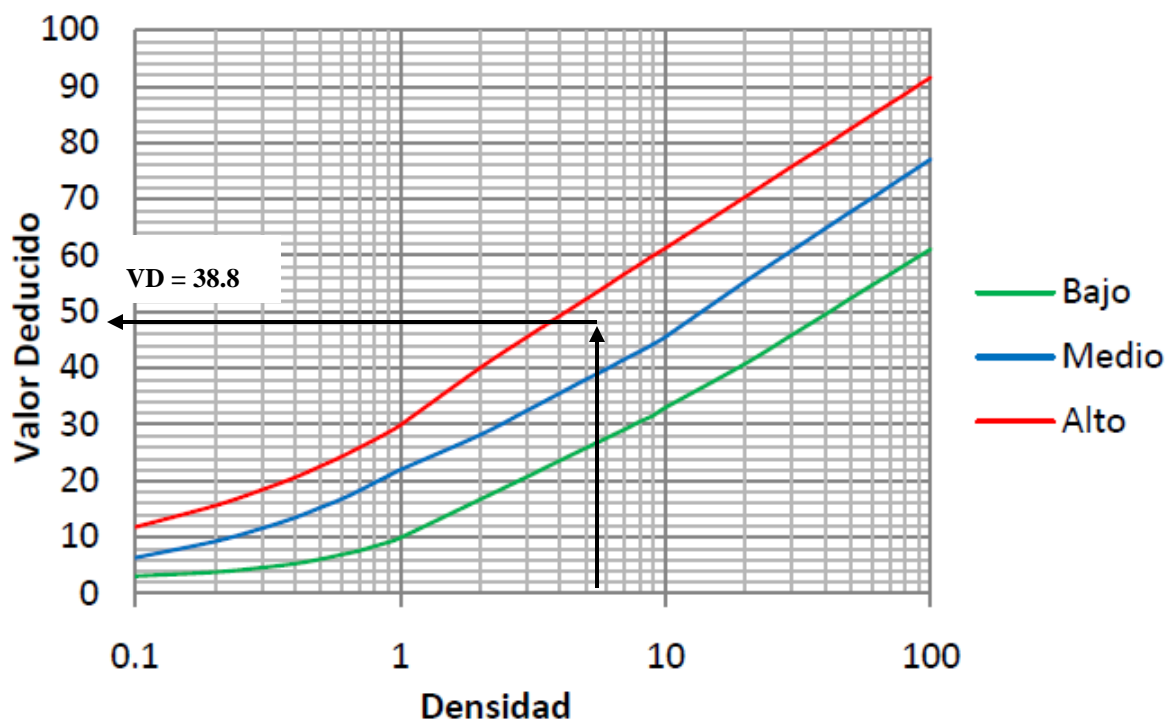
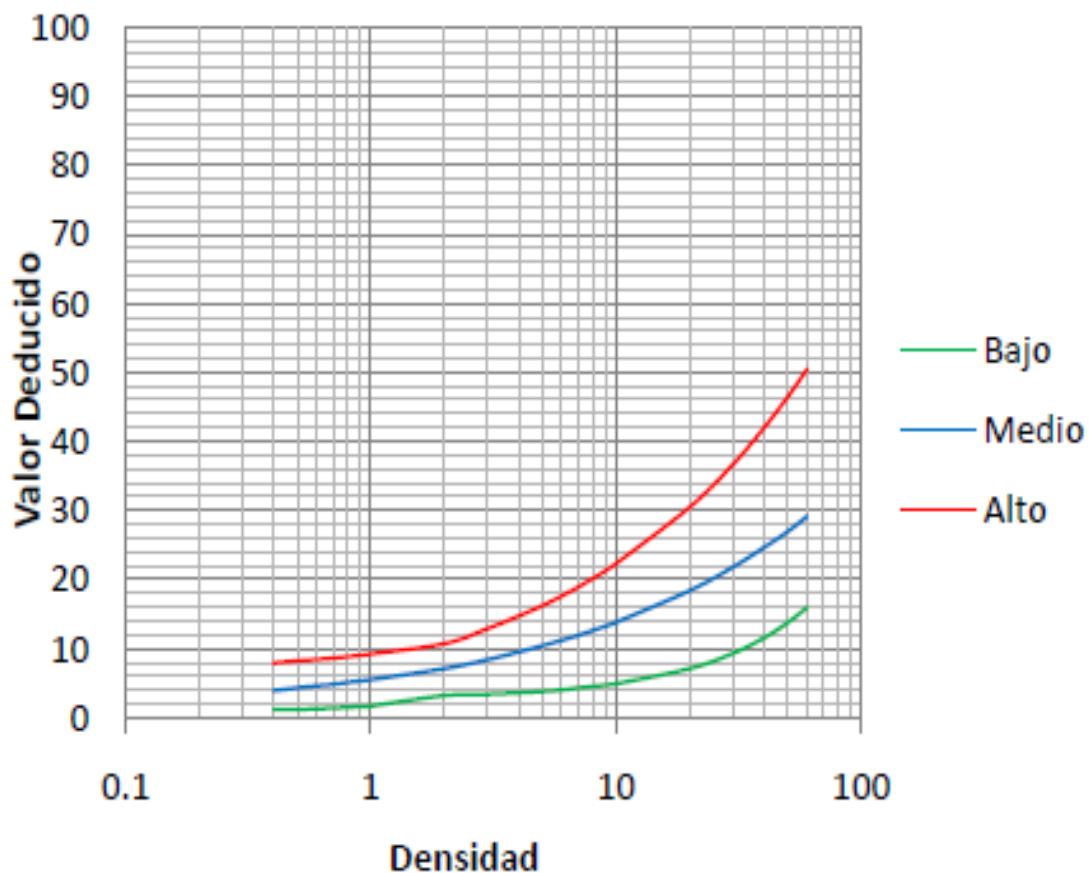


Tabla:

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

Del grafico y tabla anterior resultaron valores de deducción de 37.184 y 36.396 para las fallas piel de cocodrilo, con niveles de severidad M y A respectivamente.

Valores deducidos para pavimentos asfálticos. 7-Grieta de borde.

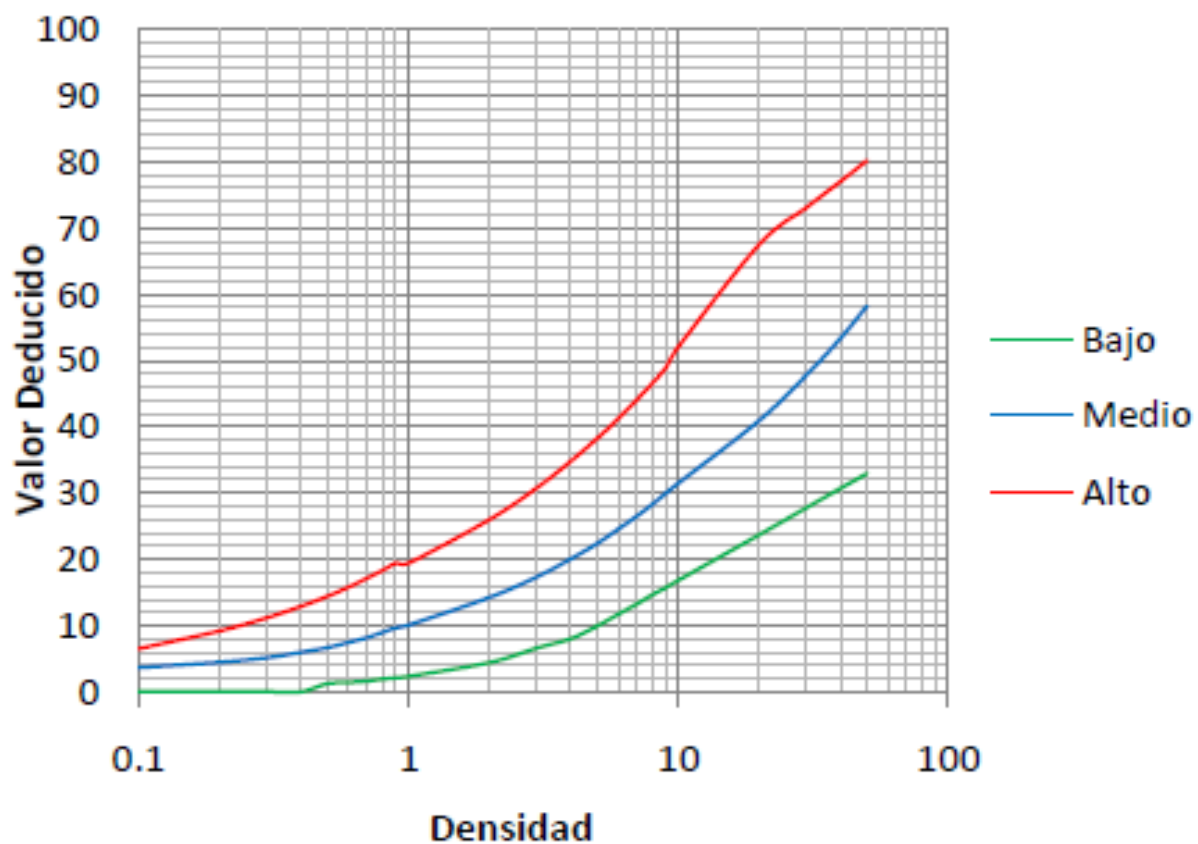


Del gráfico anterior y la tabla que sigue a continuación resultó un valor de deducción de 11.316 para la falla grieta de borde, con nivel de severidad A.

Tabla:

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	-	-	-
0.20	-	-	-
0.30	-	-	-
0.40	1.20	3.90	7.90
0.50	1.20	4.30	8.20
0.60	1.30	4.60	8.40
0.70	1.40	4.80	8.60
0.80	1.50	5.10	8.80
0.90	1.60	5.30	9.00
1.00	1.70	5.50	9.20
2.00	3.20	7.10	10.70
3.00	3.40	8.40	12.90
4.00	3.60	9.50	14.70
5.00	3.80	10.40	16.20
6.00	4.00	11.20	17.60
7.00	4.30	11.90	18.90
8.00	4.50	12.60	20.10
9.00	4.70	13.20	21.20
10.00	4.90	13.80	22.30
20.00	7.10	18.40	30.50
30.00	9.30	21.80	36.70
40.00	11.50	24.60	41.90
50.00	13.70	26.90	46.40
60.00	15.90	29.10	50.40
70.00	-	-	-
80.00	-	-	-
90.00	-	-	-
100.00	-	-	-

Valores deducidos para pavimentos asfálticos. 11-Parcheo.



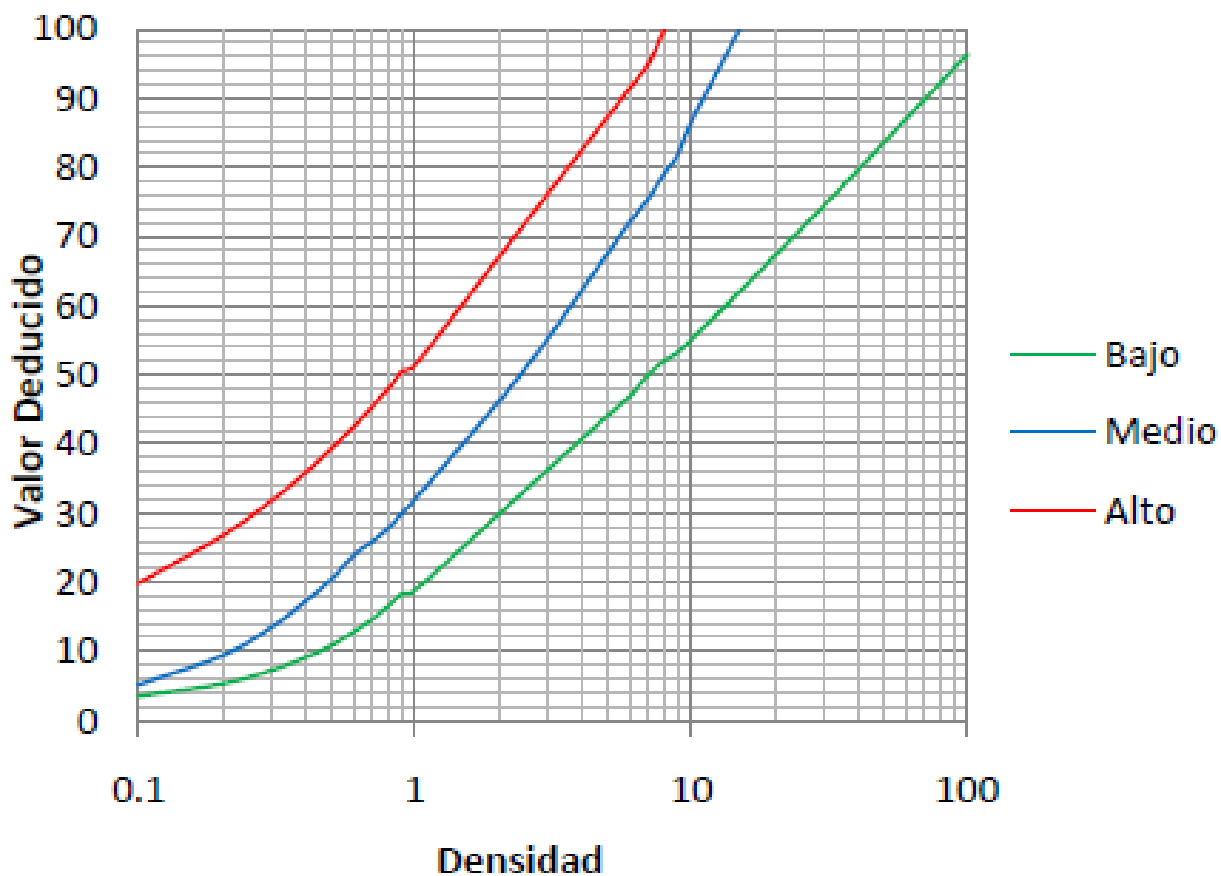
Del gráfico anterior y la tabla que sigue a continuación resultaron valores de deducción de 16.036 y 28.016 para la falla Parcheo, con niveles de severidad M y A respectivamente.

Tabla:

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	-	3.70	6.50
0.20	-	4.50	9.20
0.30	-	5.20	11.20
0.40	-	6.00	12.90
0.50	1.20	6.70	14.40
0.60	1.40	7.50	15.80
0.70	1.60	8.20	17.10
0.80	1.90	9.00	18.30
0.90	2.10	9.70	19.40
1.00	2.30	10.10	19.40
2.00	4.40	14.30	26.00
3.00	6.60	17.40	30.80
4.00	8.00	20.10	34.80
5.00	9.90	22.40	38.20
6.00	11.70	24.60	41.20
7.00	13.20	26.50	44.00
8.00	14.60	28.30	46.50
9.00	15.70	30.00	48.90
10.00	16.80	31.50	52.00
20.00	23.70	41.00	67.50
30.00	27.80	47.90	73.10
40.00	30.70	53.40	77.00
50.00	32.90	58.20	80.10
60.00	-	-	-
70.00	-	-	-
80.00	-	-	-
90.00	-	-	-
100.00	-	-	-

Valores deducidos para pavimentos asfálticos. 13-Huecos.

Gráfico:



Del gráfico anterior y la tabla que sigue a continuación resultó un valor de deducción de 34.66 para la falla Huecos, con nivel de severidad M.

Tabla:

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	3.50	5.20	19.90
0.20	5.30	9.40	26.70
0.30	7.20	13.40	31.70
0.40	9.10	17.20	35.80
0.50	10.90	20.50	39.40
0.60	12.80	23.90	42.50
0.70	14.60	25.90	45.40
0.80	16.50	27.80	48.00
0.90	18.30	30.00	50.50
1.00	18.80	32.00	51.40
2.00	29.70	46.00	66.90
3.00	36.10	55.00	76.00
4.00	40.60	62.10	82.40
5.00	44.10	67.60	87.40
6.00	46.90	72.10	91.50
7.00	50.00	75.50	95.00
8.00	52.00	79.10	100.00
9.00	53.30	82.00	-
10.00	55.00	86.50	-
15.00	62.00	100.00	-
30.00	74.30	-	-
40.00	79.50	-	-
50.00	83.60	-	-
60.00	87.00	-	-
70.00	89.80	-	-
80.00	92.20	-	-
90.00	94.40	-	-
100.00	96.30	-	-

En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Área de muestra:	219 m ²
------------------	--------------------

Falla	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad %	Valor deducido
1	M	9,1	1,10	10,20	4,66	37,184
1	A	3,6		3,60	1,64	36,396
7	A	5		5,00	2,28	11,316
11	M	3,5	2,1	5,60	2,56	16,036
11	A	5,30		5,30	2,42	28,016
13	M	2,6		2,60	1,19	34,66
TOTAL VD =						164

Calculo del PCI	
Numero de deducidos > 2 (q):	6
Valor deducido más alto (HDV):	37,184
Numero admisible de deducidos (mi):	6,769

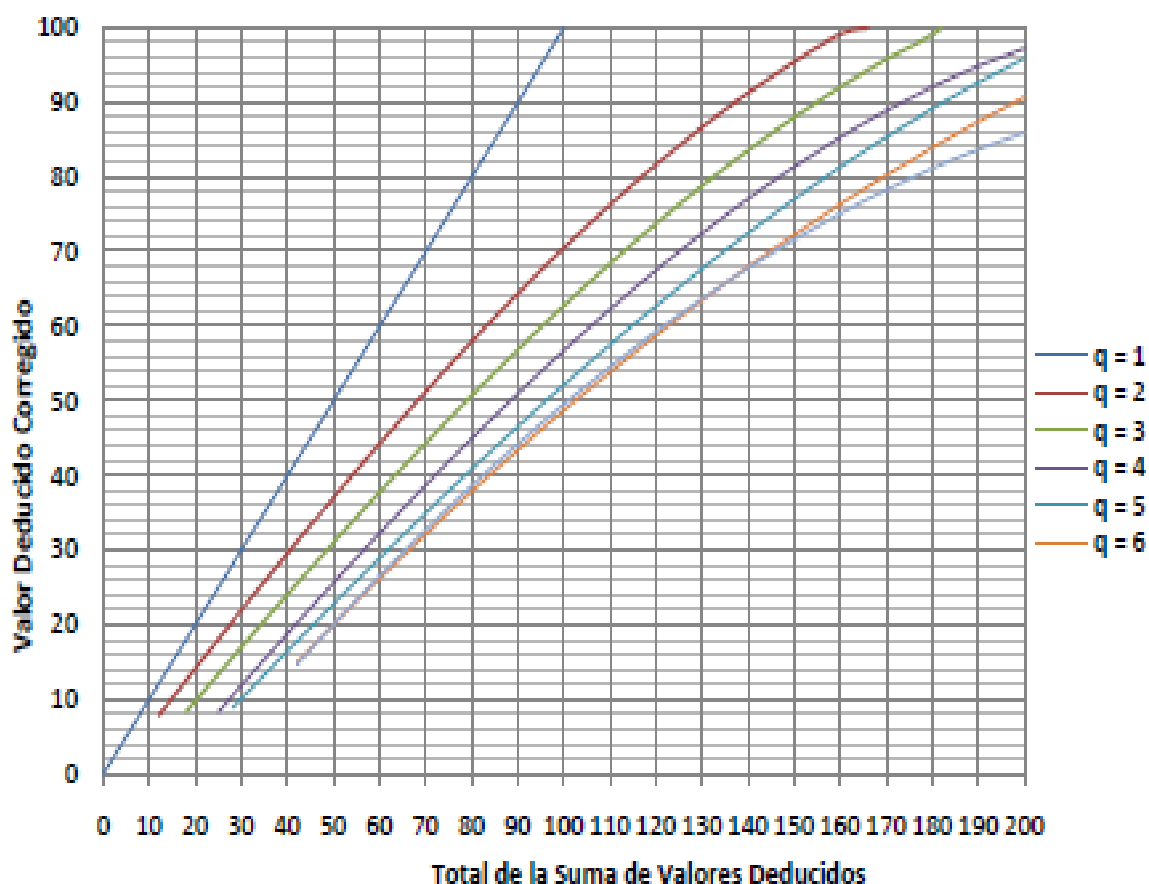
Con los resultados anteriores se determinó el Valor Deducido Corregido **CDV** de la siguiente forma:

- 1- Se colocaron en orden descendente los valores deducidos mayores de 2 hasta que se cumpliera la condición que q sea igual a 1.(Ver tabla a continuación)
- 2- Para cada valor individual se determinó el valor deducido corregido en el gráfico .(Ver gráfico a continuación)
- 3- Se escoge el “máximo CDV” para determinar el PCI.

Resultados obtenidos:

#	Valores deducidos						Total	q	CDV
1	37,184	36,396	34,66	28,016	16,036	11,316	164	6	78
2	37,184	36,396	34,66	28,016	16,036	2	154	5	79
3	37,184	36,396	34,66	28,016	2	2	140	4	77
4	37,184	36,396	34,66	2	2	2	114	3	71
5	37,184	36,396	2	2	2	2	82	2	59
6	37,184	2	2	2	2	2	47	1	17
Máximo CVD									79
PCI= 100 - Máximo CVD									21

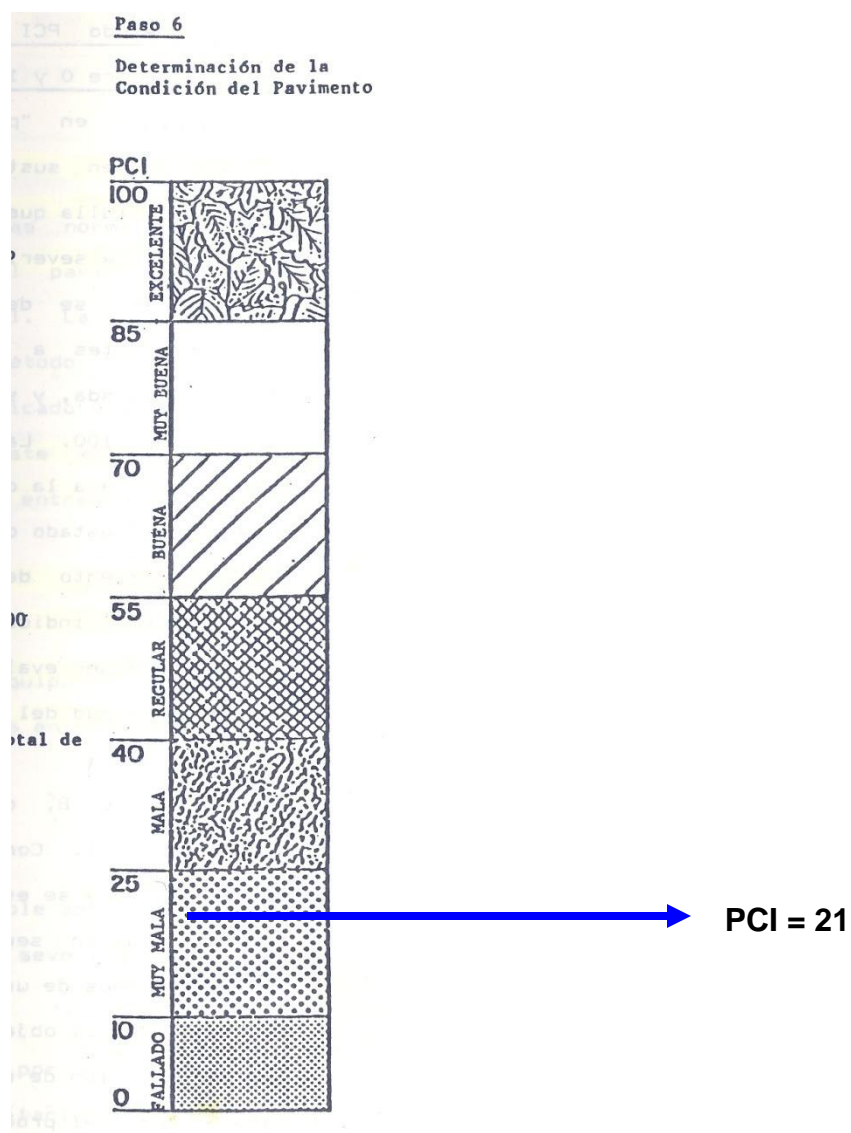
Grafico para determinar los CDV.



El **PCI** obtenido fue de **21** lo que indica según el siguiente esquema, que la condición de esta sección de pavimento está en un estado **muy malo** (entre 10 y 25).

Rangos de calificación del PCI.

100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado



ANEXOS.

Carreteras que presentan valores de PCI entre 0 y 20.

